高温对稻褐飞虱发育与生殖的影响*

戴华国　宋小玲　吴小毅
（南京农业大学植保系　南京　210095）
丁宗泽　李沛元
（江苏太湖地区农科所　苏州　215155）

摘要　通过高温处理及交配产卵实验，探讨了高温对稻褐飞虱 *Nilaparvata lugens* (Stål) 发育与生殖的影响。研究了不同高温条件对褐飞虱若虫发育历期、产卵量、产卵前期、寿命等生物学特性的影响。34℃以上高温导致褐飞虱若虫发育历期延长。高温处理 4 龄若虫使羽化后的雌成虫产卵量减少。高温处理不同日龄雌成虫也致使其产卵量减少，其中以 1 日龄短翅型、3 日龄长翅型的产卵量影响最大。高温处理后褐飞虱寿命缩短。高温恒温处理，对短翅型雌成虫的产卵前期影响不大，但能延长长翅型雌成虫的产卵前期；而高温变温处理致使短、长翅型雌成虫的产卵前期均延长。高温变温对褐飞虱生殖的影响程度大于高温恒温。高温处理组雌、雄成虫与对照组相应的成虫交配试验表明，高温对雌性的影响大于雄性。实验初步确定 34℃为对褐飞虱发育与生殖产生影响的临界温度。

关键词　稻褐飞虱，高温，发育，生殖

稻褐飞虱 [*Nilaparvata lugens* (Stål), BPH] 迁飞至长江中下游及江淮平原稻区生长繁殖，正值 7、8 月份高温季节，多数年份午间气温超过 37℃的天数在 15 d 以上。浦茂华（1979）、王菊明（1980，1981）、尹楚道（1984）、李汝铎（1984）、俞晓平、巫国瑞（1991）、程家安（1992）、祝树德（1994）和国际水稻研究所 I. Domingo（1992）等先后报道了高温对褐飞虱生长发育和繁殖影响的实验结果[1~9]。但就影响的温度而言，意见不一，且多数研究的温度在 35℃以下，难以清楚地说明高温对褐飞虱的影响，笔者在此基础上，通过室内的系列实验和对实验结果的统计分析，证实了高温对褐飞虱发育与生殖的抑制作用，并初步提出了抑制高温的温度指标。

1　材料和方法

1.1　供试水稻品种

汕优 63(分蘖拔节期)。

1.2　供试昆虫

虫源来自杭州市中国水稻研究所，网室饲养，自然繁殖。

* 国家攀登计划（03-01）项目
1997-01-30 收稿，1997-06-16 收修改稿

1.3 供试昆虫的室内饲养

把分蘖、拔节期的水稻栽于直径 8 cm、高约 7 cm 的装有稻田泥的塑料盆钵内，每钵栽水稻 3～4 株，接虫前，钵上罩一口径 6 cm，高 30 cm 透明养虫纱网，顶部盖一海绵塞。

取 1～3 龄若虫饲养于 (28±1)℃、相对湿度＞90%、光照 16L：8D 的条件下，每钵饲养 10 头左右，每日两次检查发育进度。其间每 2 d 更换一次稻苗，以保证饲料的新鲜。

1.4 若虫期高温处理对褐飞虱发育历期的影响

将 1～5 龄初的若虫分别置于 34℃、36℃、38℃、40℃下每天处理 5 h，直至进入下一龄期。然后置于 28℃恒温下饲养至成虫，每日两次观察记录其发育进度和死亡情况。

1.5 若虫期高温处理对褐飞虱产卵、繁殖及寿命的影响

1.5.1 高温恒温处理：将 4 龄若虫置于广东医疗器械厂 LRH-250-G 型光照培养箱中在 34℃、36℃、38℃高温下分别处理 12 h、24 h、48 h，之后置于 28℃恒温下饲养，以未经处理且饲养于 28℃恒温下的褐飞虱作为对照，每日分别于 8：00 时和 15：00 时检查发育进度和死亡情况。褐飞虱羽化后分别短、长翅型进行交配。交配实验在直径 3 cm，高17 cm 的玻璃试管内进行。试管内放一株分蘖、拔节期的无卵壮苗，加水稻培养液 1 cm 左右，管口用纱布、橡皮圈封好，每个组配做有效重复 10 次。每天定期更换稻苗，并在解剖镜下检查其产卵量，记录至死亡。

1.5.2 高温变温处理：将 4 龄若虫分别在 34℃、36℃、38℃的高温下定期处理至进入下一龄期，每天 5 h，然后置于 28℃恒温下饲养至成虫。实验方法同 1。

1.5.3 高温处理对雌、雄成虫生殖的影响：将产卵量与对照组有极显著性差异的处理进行如下组配：高温处理的雌虫×对照雄虫，高温处理的雄虫×对照雌虫，分别观察其产卵量。实验方法同 1。

1.6 成虫期高温处理对产卵、繁殖及寿命的影响

将羽化后 1 日龄、2 日龄、3 日龄的长、短翅型雌成虫和雄成虫各 10 头单独饲养于直径 3cm，高 17cm 的玻璃试管内，试管里放一株分蘖、拔节期的无卵壮苗，加水稻培养液 3～5mL，管口用纱布、橡皮圈封好。然后分别置于 34℃、36℃、38℃、40℃的光照培养箱中处理 5 h，取出置于 28℃条件下饲养，之后每试管配以 3 日龄未经处理的异性成虫进行交配，每天定时更换稻苗，并在解剖镜下检查产卵量，直至成虫死亡。

2 结果和分析

2.1 若虫期高温处理对褐飞虱发育历期的影响

若虫期高温处理后褐飞虱发育历期统计及显著性检验结果见表 1。从表 1 可看出，在 34℃条件下，仅 5 龄若虫的发育历期与对照有显著性差异，3、4 龄均无显著性差异，且处理后的发育历期均短于对照，说明 34℃对其发育并无抑制作用。36℃、38℃对各龄若虫的发育历期有明显影响，说明 34℃以上高温对褐飞虱若虫发育产生了某种抑制作用。

表 1　高温对稻褐飞虱若虫发育历期的影响及显著性检验

处理温度(℃)	若虫龄期 (d)								
	3 龄	显著性(5%)	4 龄	5 龄	4 龄	显著性(5%)	5 龄	5 龄	显著性(5%)
27.8*	2.3	a	—	—	2.5	a	—	3.2	a
34	2.38±0.55	a	2.41±0.48	2.99±0.41	2.57±0.50	a	2.90±0.50	3.54±0.58	b
36	2.73±0.47	bc	2.36±0.51	3.36±0.51	3.05±0.23	bc	3.67±0.62	4.17±0.58	c
38	3.00±0.15	c	2.09±0.30	4.00±0.47	2.96±0.48	c	3.90±0.31	4.50±0.67	c

*采用江苏太仓县测报站在平均温度 27.8℃条件下测得数据

就高温条件下的死亡率而言，34℃、36℃条件下除 1、2 龄若虫有少量死亡外，3～5 龄若虫几乎无死亡；38℃条件下，1、2 龄若虫死亡率达 40%，3～5 龄若虫死亡率也在 20%以上；40℃高温条件下，若虫死亡率达 88.3%，说明 38℃以上高温影响较大。

2.2　若虫期高温处理对褐飞虱产卵量，产卵前期及寿命的影响

2.2.1　对产卵量的影响：若虫期经恒温和变温处理后短、长翅型雌成虫产卵量统计结果见图 1，与对照组相比可以看出，短、长翅型产卵量都呈减少趋势。在恒温处理条件下，随着温度的升高，处理时间的延长，产卵量呈递减趋势。但短、长翅型所受的影响略有不同，36℃12 h 以下，长翅型产卵量减少较缓；在此范围以上，长翅型产卵量则明显下降，而短翅型趋于平缓，说明随着温度的升高，处理时间的延长，长翅型受高温的影响大于短翅型。在变温处理条件下，其短、长翅型成虫产卵量与对照组均具有极显著性差异，且长翅型 34℃处理组和 38℃处理组间也存在显著性差异，说明变温的影响较大，且对长翅型的影响大于短翅型。从恒温与变温处理后产卵量的变化可以看出，变温对褐飞虱产卵量的影响大于恒温。

2.2.2　对产卵前期的影响：统计结果表明，若虫期经恒温处理后，短翅型雌成虫产卵前期与对照组无显著性差异。但长翅型雌成虫产卵前期延长，其 36℃48 h 处理组，产卵前期与对照组差异显著，两者相差（0.7±0.1）d；38℃24 h，38℃48 h 处理组与对照组差异极显著，分别相差（1.2±0.12）d 和（1.5±0.86）d。若虫期经变温处理，短翅型雌成虫产卵前期延长，均与对照组呈显著性或极显著性差异。长翅型雌成虫产卵前期明显延长，其 3 个处理组的产卵前期均长于恒温处理中影响最大的 38℃48 h 组的（5.6±0.49）d。故比较而言，高温下变温对褐飞虱成虫产卵前期的影响也大于恒温。

2.2.3　对寿命的影响：若虫期经恒温处理后，其雌成虫寿命缩短（图 2），但短翅型 34℃12 h、36℃24 h 和 36℃12 h 处理组，长翅型 34℃12 h、34℃24 h、34℃48 h、36℃12 h 处理组与对照组无显著性差异。从图 2 可以看出，36℃12 h 以下，短、长翅型雌成虫寿命变化趋势大致相同，之上则长翅型受影响明显大于短翅型，这与产卵量的变化趋势大体相同。恒温处理后雄成虫寿命的变化趋势短、长翅型基本一致。在 34℃、36℃、38℃变温处理条件下，短、长翅型雌成虫寿命分别为（13.4±1.74）d，（11.1±1.92）d 和（13.8±1.54）d，（11.5±1.43）d，（10.1±1.30）d，均与对照（17.7±1.19）d 和（17.1±

1.30) d 有显著差异，成虫寿命明显缩短。两种翅型雌、雄成虫影响程度相似，其影响远远超过恒温处理组。

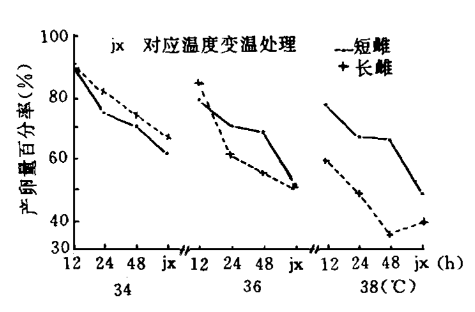


图1 不同高温（恒温、变温）处理后长、短翅型雌成虫产卵量的变化

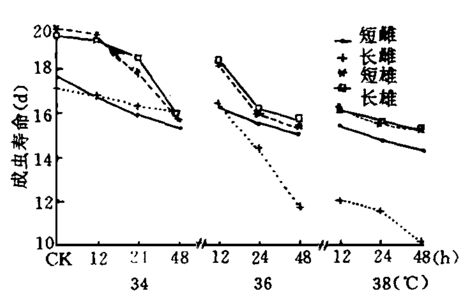


图2 不同高温（恒温）处理后长、短翅型雌成虫寿命的变化

2.2.4 对雌、雄虫生殖能力的影响：将若虫期变温处理后产卵量与对照组有极显著差异的处理组成虫和对照组异性成虫进行交配，其产卵量统计结果见图3。差异显著性检验结果表明，处理组雄成虫×对照组雌成虫，其产卵量和对照组无显著性差异；而处理组雌成虫×对照组雄成虫，其产卵量和对照组则有极显著性差异。从而证实高温对雌性的影响大于雄性。

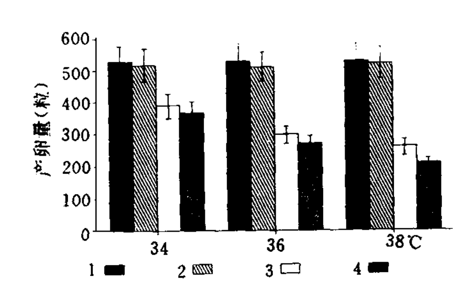


图3 不同高温（变温）处理后的雌、雄成虫分别与未经处理的雄、雌成虫交配后的产卵量的变化

1. 对照雌×对照雄；2. 对照雌×处理雄；

3. 处理雌×对照雄；4. 处理雌×处理雄

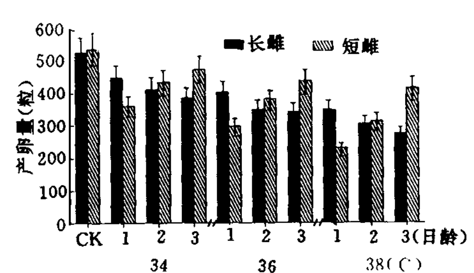


图4 不同日龄长、短翅型雌成虫经不同高温处理后产卵量的变化

2.3 成虫期高温处理对褐飞虱产卵量及寿命的影响

2.3.1 对产卵量的影响：经34℃、36℃、38℃高温处理的1～3日龄雌成虫产卵量统计结果见图4，从图4看出，高温处理短翅型1日龄，长翅型3日龄的产卵量明显少于其它日龄组，说明1日龄短翅型雌成虫和3日龄长翅型雌成虫对高温较为敏感。不同日龄雄成虫经不同高温处理后，与未经高温处理的雌成虫交配，其产卵量与对照组无显著性差异，说明高温对雄成虫影响不大。

2.3.2 对寿命的影响：不同日龄短、长翅型雌、雄成虫经40℃ 6 h高温处理后，死亡率达50%以上；40℃以下高温处理，死亡率为0。高温对其寿命的影响见图5。从图中可以看出，同一温度条件下，1日龄短翅型雌成虫的寿命短于2、3日龄；3日龄长翅型雌成虫寿命短于1、2日龄。不同日龄雄成虫的寿命却无显著差异，说明同一温度对不同日龄雄成虫寿命的影响较一致。统计结果表明，高温处理后雌、雄成虫寿命均缩短，除34℃1 d长翅型成虫寿命与对照组无显著差异外，其余均呈显著或极显著性差异。

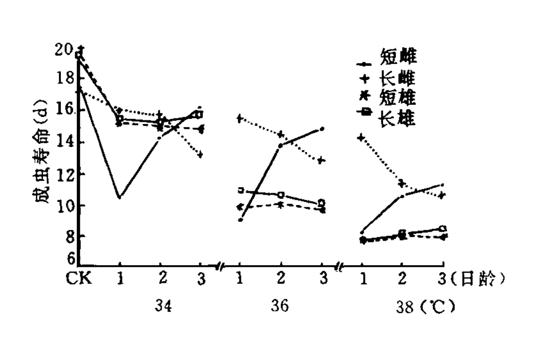


图5　不同日龄长、短翅型成虫经不同高温处理后寿命的变化

3 讨论

(1) 实验结果表明，对褐飞虱4龄若虫进行高温恒温和高温变温处理，其雌成虫产卵量明显减少。成虫期进行变温处理，雌成虫产卵量也明显减少。经过高温处理的褐飞虱成虫产卵前期延长、寿命缩短。说明高温对褐飞虱的生殖有显著影响，能有效地抑制褐飞虱的生存密度。

(2) 34℃（24 h）可以看作对褐飞虱生殖产生影响的临界温度。褐飞虱生长与繁殖的适温范围为20℃～30℃，实验表明30℃～34℃可以促进褐飞虱若虫的发育，34℃～38℃反而延长其发育，这也可从另一角度证实34℃为对褐飞虱发育和繁殖产生影响的临界温度。顾正远（1993）测定田间稻丛间温度要比气温低2℃～3℃左右[10]，说明日最高温度达到37℃，即能对褐飞虱的发育和生殖产生影响。实验证实高温变温对褐飞虱生殖的影响大于高温恒温，这也符合自然界实际情况。

(3) 高温对1日龄短翅型雌成虫和3日龄长翅型雌成虫的影响较大，这和日本学者岩永京子的研究基本一致[11,12]。岩永认为根据羽化后短、长翅型雌成虫体内保幼激素滴度（JH titer）变化，长翅型的卵巢发育比短翅型要迟30 h以上，1日龄短翅型雌成虫和3日龄长翅型雌成虫是卵子成熟的关键时期，故高温对其影响较大。

(4) 高温对雄性的影响小于雌性。根据电镜观察，38℃ 5 h处理过的褐飞虱雄虫，其精子无异常形态变化[13]，说明雄性比雌性更耐高温。此结论与尹楚道等的报道[4]相同。

参　考　文　献

1　浦茂华，陈洁明．褐稻虱发生程度数理预报的初步研究．植物保护，1979，(5)：1～9
2　王菊明，沈天龙．褐稻虱繁殖与温度的关系．上海农业科技，1980，(6)：16～18
3　王菊明，沈天龙，夏其明．褐稻虱各虫态发育历期与温度的关系．上海农业科技，1981，(4)：14～17
4　尹楚道，王明华，李博平．高温对褐稻虱发育与繁殖的影响．安徽农学院学报，1984，(1)：99～102
5　李汝铎．温度对褐飞虱种群生长的影响．植物保护学报，1984，11 (2)：101～106

6 俞晓平，巫国瑞. 高温和浸水对褐飞虱繁殖及生存的影响. 浙江农业科学，1991，(5)：239～241
7 程家安，章连观，范泉根等. 气温对褐飞虱种群动态影响的模拟研究. 中国水稻科学，1992，**6** (1)：21～26
8 祝树德，陆自强，杭杉保等. 温度对褐飞虱种群调控作用研究. 华东昆虫学报，1994，**3** (1)：53～59
9 I. Domingo K L. Heong. Evaluating high temperature tolerance in the brown planthopper (BPH). IRRN, 1992, **17** (3)：22
10 顾正远，肖英方. 关于高温对褐飞虱生存的商榷. 植物保护，1993，**19** (3)：33
11 岩永京子，藤条纯夫. トビイロウンカにおける翅型多形の内分泌制御. 九病虫研究会报，1985，(31)：84～88
12 Iwanaga K, Tojo S. Effects of juvenile hormone and rearing density on wing dimorphism and oocyte development in the brown planthopper *Nilaparvata lugens*. J. Insect physiol., 1986, **32** (6)：585～590
13 戴华国，宋小玲，吴小毅. 稻褐飞虱精子的超微结构. 南京农业大学学报，1996，**19** (2)：109～111

THE EFFECTS OF HIGH TEMPERATURES ON DEVELOPMENT AND REPRODUCTION OF THE BROWN PLANTHOPPER, *NILAPARVATA LUGENS* (STÅL)

Dai Huaguo Song Xiaoling Wu Xiaoyi
(*Nanjing Agricultural University Nanjing* 210095)
Ding Zhongzhe Li Peiyuan
(*Jiangsu Taihu Agricultural Institute Suzhou* 215155)

Abstract The effects of different high temperatures on the biological characteristics such as the duration of nymphal stadia, egg laying, preoviposition period and longevity, were studied. Developing periods of nymphs prolonged when temperature reached above 34℃. The numbers of egg deposited by female adults reduced when the 4th-instar nymphs were treated with higher temperatures, while egg deposition was reduced as female adults were treated with high temperatures at different day, especially one day after the emergence of the brachypterous form and three days after emergence of macropterous form. The life span of BPH was shortened when treated with high tempertures. A little effect of constant high temperature on the period of preoviposition of brachypterous form female adults was perceived but the period of preoviposition of macropterous form females was obviously prolonged when the 4th instar nymphs were reared under constant high temperatures. When treated with changing high temperatures, the preoviposition periods of both brachypterous and macropterous female adults were prolonged. Changing high temperatures have greater effect on the reproduction than constant high temperatures. Greater effect of high temperature treatment on the mating of female adults than that of male adults was also observed. In conclusion, 34℃ was the critical temperature in both development and reproduction of BPH.

Key words brown planthopper, hith temperature, development, reproduction